



EP04/5123A

|                   |     |
|-------------------|-----|
| REC'D 26 AUG 2004 |     |
| WIPO              | PCT |

## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 103 31 782.1

**Anmeldetag:** 11. Juli 2003

**Anmelder/Inhaber:** Continental Teves AG & Co oHG,  
60488 Frankfurt/DE


**Bezeichnung:** Verfahren zum Ermitteln einer fahrdynamischen  
Größe

**IPC:** B 62 D, G 01 B

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

**PRIORITY  
DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1 (a) OR (b)

München, den 6. Juli 2004  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

  
Schäfer

## Verfahren zum Ermitteln einer fahrdynamischen Größe

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Ermitteln einer fahrdynamischen Größe nach dem Oberbegriff des Anspruchs 2 oder bei einem Lenkwinkel nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

### **Problem:**

Bei Fahrzeugen mit Überlagerungslenkung gibt es zur Erhöhung des Komforts für den Fahrer eine geschwindigkeitsabhängige variable Lenkübersetzung. Dabei wird bei kleinen Geschwindigkeiten eine sehr direkte Lenkübersetzung mittels der Überlagerungslenkung eingeregelt, um den Fahrer beispielsweise beim Einparken zu unterstützen. Bei hoher Geschwindigkeit wird die Lenkübersetzung sehr indirekt, was beispielsweise bei Autobahnfahrten die Lenknervosität reduziert. Durch diese variable Lenkübersetzung entspricht aber die Stellung des Lenkrads nicht mehr der Stellung der gelenkten Vorderräder über eine konstante Lenkübersetzung des Lenkgetriebes. Das bedeutet, dass die Stellung des Lenkrads, welche mit einem Lenkwinkelsensor erfasst wird, nicht mehr als Eingang (Istwert) für das DSC/ESP-Referenzmodell verwendet werden kann. Vielmehr sollte der Ist-Lenkwinkel inklusive variabler Lenkübersetzung als Eingang für das DSC-Referenzmodell verwendet werden. Zu dem Lenkwinkel der variablen Lenkübersetzung addieren sich noch zusätzliche Lenkwinkel von Fahrstabilisie-

- 2 -

bilisierungsfunktionen (Gierratenregelung GRR und Giermomentenkompensation GMK), die jedoch nicht das DSC-Referenzmodell einfließen sollen. Alle diese Lenkwinkel (VARI, GRR und GMK) liegen nur als Sollwerte vor, deren Summe von der Überlagerungslenkung eingeregelt wird. Der letztendlich eingeregelte Ist-Lenkwinkel kann aber nicht mehr eindeutig in seine Anteile (VARI, GRR und GMK) zurückgerechnet werden. Geschieht die Einregelung des Überlagerungslenkwinkels ausreichend schnell (Normalbetrieb des Aktuators), so ergibt sich nahezu kein Regelfehler zwischen Soll-Lenkwinkel und Ist-Lenkwinkel und als Eingang für das DSC-Referenzmodell kann der Lenkwinkel-Sollwert der VARI inklusive Berücksichtigung der Normaldynamik des Aktuators (Dynamikmodell) verwendet werden. Ist jedoch die Dynamik des Aktuators reduziert, was beispielsweise kurz nach dem Start bei tiefen Temperaturen der Fall sein kann, so können sich große Verzugszeiten und Verzugswinkel zwischen einer Soll-Lenkwinkelanforderung und dem letztendlich eingeregelten Ist-Lenkwinkel ergeben. In diesem Fall (reduzierte Aktuatordynamik mit großem Verzug zwischen VARI-Soll-Lenkwinkel und eingeregeltem VARI-Ist-Lenkwinkel) kann es zu DSC-Fehleingriffen kommen, wenn weiter nur der VARI-Soll-Lenkwinkel inklusive der in diesem Fall falschen Aktuatordynamik für das DSC-Referenzmodell verwendet wird (Unterschied Soll-Ist-Lenkwinkel, was in einem Unterschied in Soll-Ist-Gierrate resultiert).

Die zuvor beschriebenen Probleme werden durch die Merkmale der Ansprüche, durch die Beschreibung und die Zeichnungen gelöst.

Der folgende Ansatz löst das Problem der reduzierten Aktuatordynamik, indem das Dynamikmodell des Aktutors mit welchem

- 3 -

aus dem VARI-Soll-Lenkswinkel auf den VARI-Ist-Lenkswinkel geschlossen wird, adaptiert wird und zwar abhängig von der Regelabweichung zwischen Soll-Lenkswinkel und Ist-Lenkswinkel.

**Lösung:**

Zur Veranschaulichung des Ansatzes sollen die beigefügten Blockschaltbilder 1, 2 und 3 dienen, in welchen die unten aufgeführten Signale verwendet werden.

**1. Eingangssignale:**

- $\delta_{VARI, req}$  = Soll-Lenkswinkel der VARI (Bezugspunkt: Vorderrad)
- $\Delta\delta_{GRR, req}$  = Soll-Zusatzlenkwinkel der GRR (Bezugspunkt: Vorderrad)
- $\Delta\delta_{GMK, req}$  = Soll-Zusatzlenkwinkel der GMK (Bezugspunkt: Vorderrad)
- $\delta_{SZL}$  = Ist-Lenkswinkel des Lenkrads (Bezugspunkt: Lenkrad)
- $\Delta\delta_{AFS}$  = Ist-Lenkswinkel des Zusatzlenkwinkels der Überlagerungslenkung (Bezugspunkt: Lenkritzeln)

**2. Zwischensignale**

- $\delta_{SUM, req}$  = Soll-Summenlenkwinkel (Bezugspunkt: Lenkritzeln)
- $\Delta\delta_{AFS, req}$  = Soll-Zusatzlenkwinkel der Überlagerungslenkung (Bezugspunkt: Lenkritzeln)
- $\Delta\dot{\delta}_{AFS, req}$  = Soll-Zusatzlenkwinkelgeschwindigkeit (Zusatzlenkrate) der Überlagerungslenkung (Bezugspunkt: Lenkritzeln)

- 4 -

- $\varepsilon_{\delta, AFS}$  = Regelabweichung zwischen Soll- und Ist-Zusatzlenkwinkel der Überlagerungslenkung (Bezugspunkt: Lenkritzel)
- $|\varepsilon_{\delta, AFS}|$  = Betrag der Regelabweichung zwischen Soll- und Ist-Zusatzlenkwinkel der Überlagerungslenkung (Bezugspunkt: Lenkritzel)
- $|\tilde{\varepsilon}_{\delta, AFS}|$  = tiefpassgefilterter Betrag der Regelabweichung zwischen Soll- und Ist-Zusatzlenkwinkel der Überlagerungslenkung (Bezugspunkt: Lenkritzel)
- $T_{AFS}$  = variable Zeitkonstante für adaptives AFS-Aktuatormodell

### 3. Ausgangssignale

- $\delta_{DRV, req}$  = Fahrwunschlenkwinkel, Eingang für ESP/DSC-Referenzmodell

### 4. Parameter

- $i_{LG}$  = Übersetzung des mechanischen Lenkgetriebes (Lenkritzel);  
abhängig vom Einschlagswinkel (Kennlinie)
- $i_{AFS}$  = mechanische Übersetzung des Überlagerungsgetriebes

Zur Adaption der Aktuatormodells der Überlagerungslenkung, wird die Zeitkonstante bzw. werden die Zeitkonstanten des Aktuatormodells adaptiert. Die adaptierten Zeitkonstanten werden online aus einem Vergleich des Soll-Zusatzlenkwinkels mit dem Ist-Zusatzlenkwinkel der Überlagerungslenkung berechnet (Bild 1). Diese Aktuatorzeitkonstanten werden derart begrenzt, dass die schnellste Aktuatordynamik der „Normal“-Dynamik des Aktuators entspricht. Das bedeutet, dass sich die Zeitkonstanten für das Aktuatormodell bei entsprechend großer Abweichung von Soll- und Ist-Zusatzlenkwinkel, verändern und zwar derart, dass diese Soll-Ist-Abweichung resultierend aus reduzierter Aktuatordynamik im Aktuatordynamikmodell berücksichtigt wird. Da sich die Aktuatordynamik nur relativ langsam (z.B. mit der Temperatur) verändert, sollte die Regelabweichung zwischen Soll- und Ist-Zusatzlenkwinkel tiefpassgefiltert werden. Dies hat auch den Vorteil, dass ein sich bei sprungförmigen Zusatzlenkwinkelanforderungen der GRR oder GMK und damit einhergehenden kurzzeitigen Soll-Ist-Abweichungen keine wesentliche Veränderung der Zeitkonstanten des Aktuatordynamikmodells ergeben.

Der bisher beschriebene Ansatz (Bild 1) hat jedoch den Nachteil, dass für stationäres Lenkverhalten die Abweichung von Soll- zu Ist-Zusatzlenkwinkel immer ungefähr null ist und somit volle Verfügbarkeit der Aktuatordynamik vorgetäuscht wird. Deshalb ist vorstellbar, dass eine Adaption der Zeitkonstanten des Aktuatordynamikmodells nur stattfindet, wenn die Soll-Zusatzlenkwinkelgeschwindigkeit eine bestimmte Schwelle übersteigt (Bild 2). Dadurch erfolgt eine Anpassung der Zeitkonstanten des Aktuatordynamikmodells nur dann, wenn auch dynamische Lenkwinkelanforderungen vorliegen und wäh-

- 6 -

rend nahezu stationären Lenkwinkelanforderungen (Geradeausfahrt bzw. Fahrzeugstillstand) bleiben die zuletzt geschätzten Zeitkonstanten erhalten.

Alternativ kann, wenn mehr Rechenkapazität zur Verfügung steht, auch ein modellbasiertes Online-Parameterschätzverfahren eingesetzt werden, mit welchem die Parameter (Zeitkonstanten) des Aktuatormodells online geschätzt werden (Bild 3).

Alternativ kann die Aktuatordynamik aus dem Soll- und Ist-Gesamtzusatzlenkwinkel der Überlagerungslenkung bestimmt werden (Übertragungsverhalten von Soll- zu Ist-Gesamtzusatzlenkwinkel)

Dabei erfolgt die Anwendung dieser online identifizierten Aktuatordynamik auf die Teil-Sollwerte des Zusatzlenkwinkels. Hierbei wird berücksichtigt, dass das Übertragungsverhalten der Überlagerungslenkung näherungsweise PT<sub>1</sub> ist (AFS-Aktuator bzw. Motor hat normalerweise PT<sub>2</sub>, da die Lenkwinkelregelung aber nicht überschwingen darf, erfolgt eine Vereinfachung des PT<sub>2</sub> zu PT<sub>1</sub>).

Die Bestimmung der Aktuatordynamik erfolgt wie folgt:

$$\Delta\delta_{AFS,req} \rightarrow \boxed{\tilde{T}_{AFS}} \rightarrow \Delta\delta_{AFS}$$

$$\Delta\delta_{AFS} = \frac{K}{1 + \tilde{T}_{AFS} * s} * \Delta\delta_{AFS,req} ; K = 1$$

$$\Delta\delta_{AFS} + \tilde{T}_{AFS} * s * \Delta\delta_{AFS} = K * \Delta\delta_{AFS,req}$$

$$\Delta\delta_{AFS} + \tilde{T}_{AFS} * \Delta\dot{\delta}_{AFS} = K * \Delta\delta_{AFS,req}$$

- 7 -

$$\Rightarrow \tilde{T} = \frac{1}{\Delta\delta_{AFS}} * [\Delta\delta_{AFS,req} - \Delta\delta_{AFS}]$$

→ Anwendung von  $T_{AFS}$  auf Teilsollwerte  $\Delta\delta_{VARI,req}$  /  $\Delta\delta_{GRR,req}$  /  $\Delta\delta_{GMK,req}$

$$\Delta\tilde{\delta}_{VARI} = \frac{K}{1 + \Delta\tilde{T}_{AFS}} * \Delta\delta_{VARI,req}$$

$$\Delta\tilde{\delta}_{GRR,req} = \frac{K}{1 + \Delta\tilde{T}_{AFS}} * \Delta\delta_{GRR,req}$$

$$\Delta\tilde{\delta}_{GMK,req} = \frac{K}{1 + \Delta\tilde{T}_{AFS}} * \Delta\delta_{GMK,req}$$

Eingang für ESP/DSC

$$\delta_{DRV,req} = \delta_{LR,Ritzel} + \Delta\tilde{\delta}_{VARI}$$

Der unter Berücksichtigung der Aktuatordynamik ermittelte VARI-Sollzusatzlenkwinkel wird bevorzugt als Eingangsgröße für das ESP Referenzmodell, insbesondere Einspurmodell, genutzt. Dieses ist in der DE 195 15 058 A1 näher beschrieben, wobei der Inhalt der DE 195 15 058 Bestandteil der Anmeldung sein soll. Dabei wird der VARI-Sollzusatzlenkwinkel als Ist-Lenkwinkel zur Verfügung gestellt.

Bezeichnungen:

$\delta_{LR,SZL}$  = Lenkradwinkel (Bezugspunkt: Lenkradwinkelsensor)

$\delta_{LR,Ritzel}$  = Lenkradwinkel umgerechnet mit mechanischer Übersetzung  $i_{AFS}$  der Überlagerungslenkung auf Ritzel (Bezugspunkt: Lenkritzel)

$\delta_{LR,Rad}$  = Lenkradwinkel auf Rad umgerechnet (Bezugspunkt: Rad)



- 8 -

$\delta_{VARI,req}$  = VARI-Sollwert (Bezugspunkt: Rad) Absolutwinkel inklusive Lenkradwinkel

$\Delta\delta_{GRR,req}$  = GRR-Sollwert (Zusatzlenkwinkel)

$\Delta\delta_{GMK,req}$  = GMK-Sollwert (Zusatzlenkwinkel)

$\Delta\delta_{VARI,req}$  = VARI-Sollwert (Zusatzlenkwinkel)

$\Delta\delta_{DRV,req}$  = Fahrerwunschlenkwinkel (Bezugspunkt: Rad)

$\Delta\delta_{AFS,req}$  = Zusatzlenkwinkel-Sollwert (Bezugspunkt: Ritzel)

$\Delta\delta_{AFS}$  = Zusatzlenkwinkel-Istwert (Bezugspunkt: Ritzel)

$\Delta\dot{\delta}_{AFS}$  = Zusatzlenkwinkelgeschwindigkeit -Istwert (Bezugspunkt: Ritzel)

$i_{AFS}$  = mechanische Getriebeübersetzung der Überlagerungslenkung

$i_{Lu}$  = mechanische Getriebeübersetzung des Lenkgetriebes

Bestimmung einer Aktuatordynamik mittels eines Parameterschätzverfahrens welches auf den Aktuator Sollwerten und den Aktuator Istwerten basiert.

**Patentansprüche:****1. Verfahren zum Ermitteln eines Ist-Lenkwinkels, gekennzeichnet durch die Schritte**

Ermittlung eines Soll-Gesamtzusatzlenkwinkels aus Soll-Lenk winkeln bzw. Soll-Teil- Zusatzlenkwinkeln

( $\delta_{VARI, req}$ ,  $\Delta\delta_{GMK, req}$ ,  $\Delta\delta_{GRR, req}$ ) der einer Überlagerungslenkung zugeführt wird,

Ermittlung eines Ist-Gesamtzusatzlenkwinkels in der Überlagerungslenkung oder am Ausgang der Überlagerungslenkung, modellbasierte Ermittlung der Zeitkonstante(n) der Überlagerungslenkung unter Einbeziehung des Ist- und Soll-Gesamtzusatzlenkwinkels und ggf. deren Ableitungen,

Ermitteln eines Ist-Teil-Zusatzlenkwinkels ( $\Delta\tilde{\delta}_{VARI}$ ) aus der Zeitkonstante(n) und dem Soll-Teil-Zusatzlenkwinkel

( $\Delta\delta_{VARI, req}$ ) und

Ermittlung des Ist-Lenk winkels aus dem ermittelten Ist-Teil-Zusatzlenkwinkel und dem Lenkradwinkel.

**2. Verfahren zum Ermitteln einer fahrdynamischen Größe, gekennzeichnet durch die Schritte**

Ermittlung eines Soll-Gesamtwertes aus Soll- Werten bzw.

Soll-Teil- Werten ( $\delta_{VARI, req}$ ,  $\Delta\delta_{GMK, req}$ ,  $\Delta\delta_{GRR, req}$ ) der einem Aktuator zugeführt wird,

Ermittlung eines Ist-Gesamtwertes in der Aktuator oder am Ausgang des Aktuators,

Ermittlung der Zeitkonstante(n) des Aktuators unter Einbeziehung des Ist- und Soll-Gesamtwertes und ggf. deren Ableitungen,

Ermitteln eines fahrdynamischen Größe (Ist-Teilwert;

( $\Delta\tilde{\delta}_{VARI}$ )) aus der ermittelten Zeitkonstante(n) des Aktuators

- 10 -

und dem Soll-Teilwert ( $\Delta \delta_{VARI, req}$ ).

3. Verfahren 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Bestimmung der Zeitkonstante(n) nur erfolgt, wenn die Ableitung des Soll- Gesamtwerts einen bestimmten Grenzwert überschreitet.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Zeitkonstante nicht adaptiert wird, wenn die Ableitung des Soll- Gesamtwertes unterhalb des Grenzwertes ist.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Ermittlung der Zeitkonstante(n) mittels einer Kennlinie, eines Modells oder eines Schätzverfahrens, insbesondere eines Parameter-Schätzverfahrens, erfolgt.
6. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei bekanntem Übertragungsverhalten des Aktuators (Aktuatormodell) aus den Eingangswerten und den Ausgangswerten und ggf. deren Ableitungen durch Einsetzen dieser Werte in die Differentialgleichungen des Aktuatormodells die Parameter, wie Zeitkonstante(n), des Aktuatormodells analytisch berechnet werden.

## Zusammenfassung

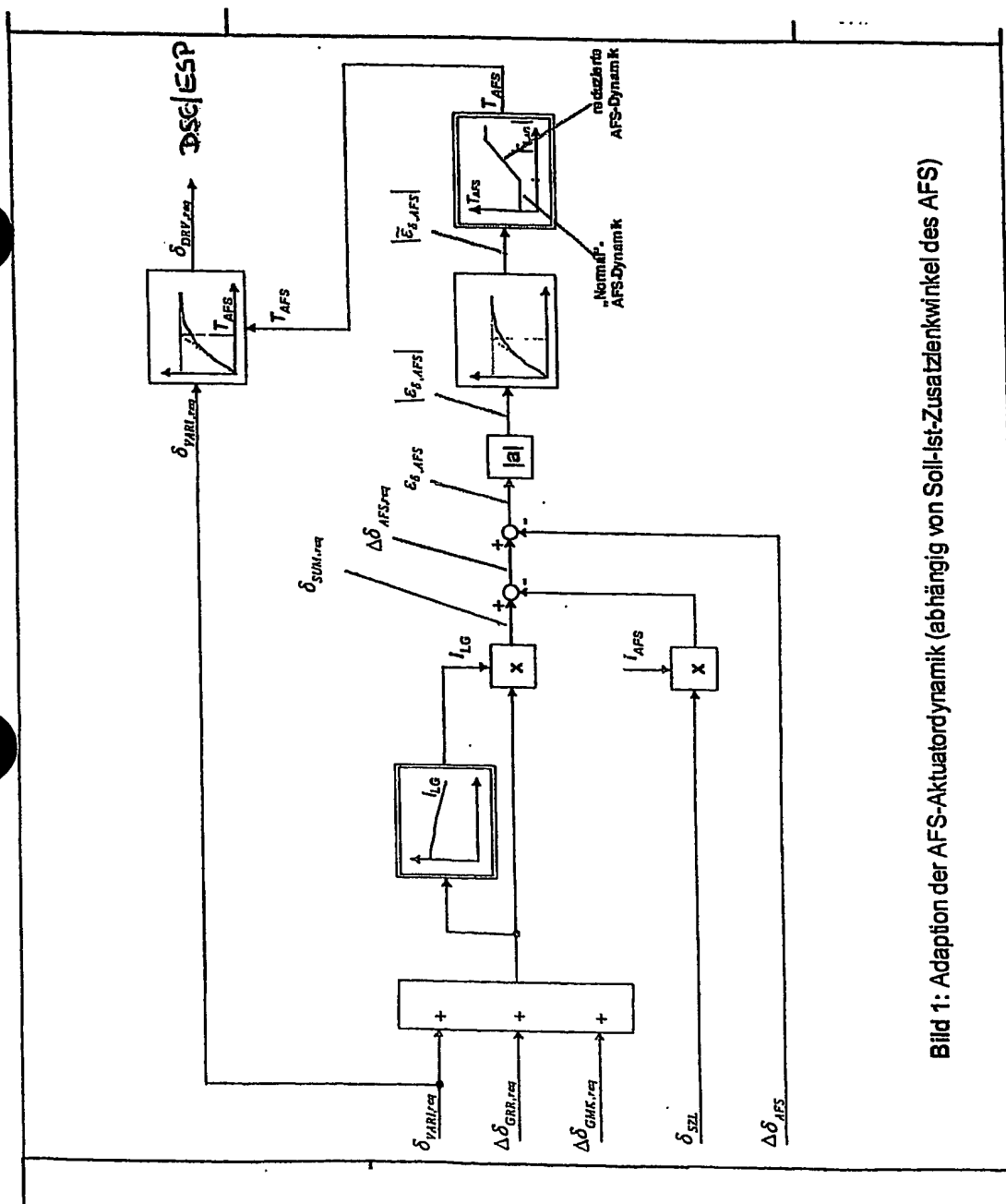
Verfahren zum Ermitteln einer fahrdynamischen Größe

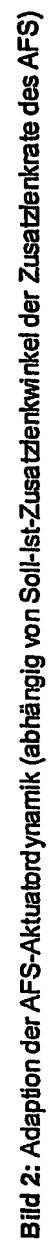
Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Ermitteln einer fahrdynamischen Größe **gekennzeichnet durch** die Schritte Ermittlung eines Soll-Gesamtwertes aus Soll- Werten bzw. Soll-Teil- Werten ( $\delta_{VARI,req}, \Delta\delta_{GMK,req}, \Delta\delta_{GRR,req}$ ) der einem Aktuator zugeführt wird,

Ermittlung eines Ist-Gesamtwertes in der Aktuator oder am Ausgang des Aktuators,

Ermittlung der Zeitkonstante(n) des Aktuators unter Einbeziehung des Ist- und Soll-Gesamtwertes und ggf. deren Ableitungen,

Ermitteln einer fahrdynamischen Größe (Ist-Teilwert; ( $\Delta\tilde{\delta}_{VARI}$ )) aus der ermittelten Zeitkonstante(n) des Aktuators und dem Soll-Teilwert ( $\Delta\delta_{VARI,req}$ ).





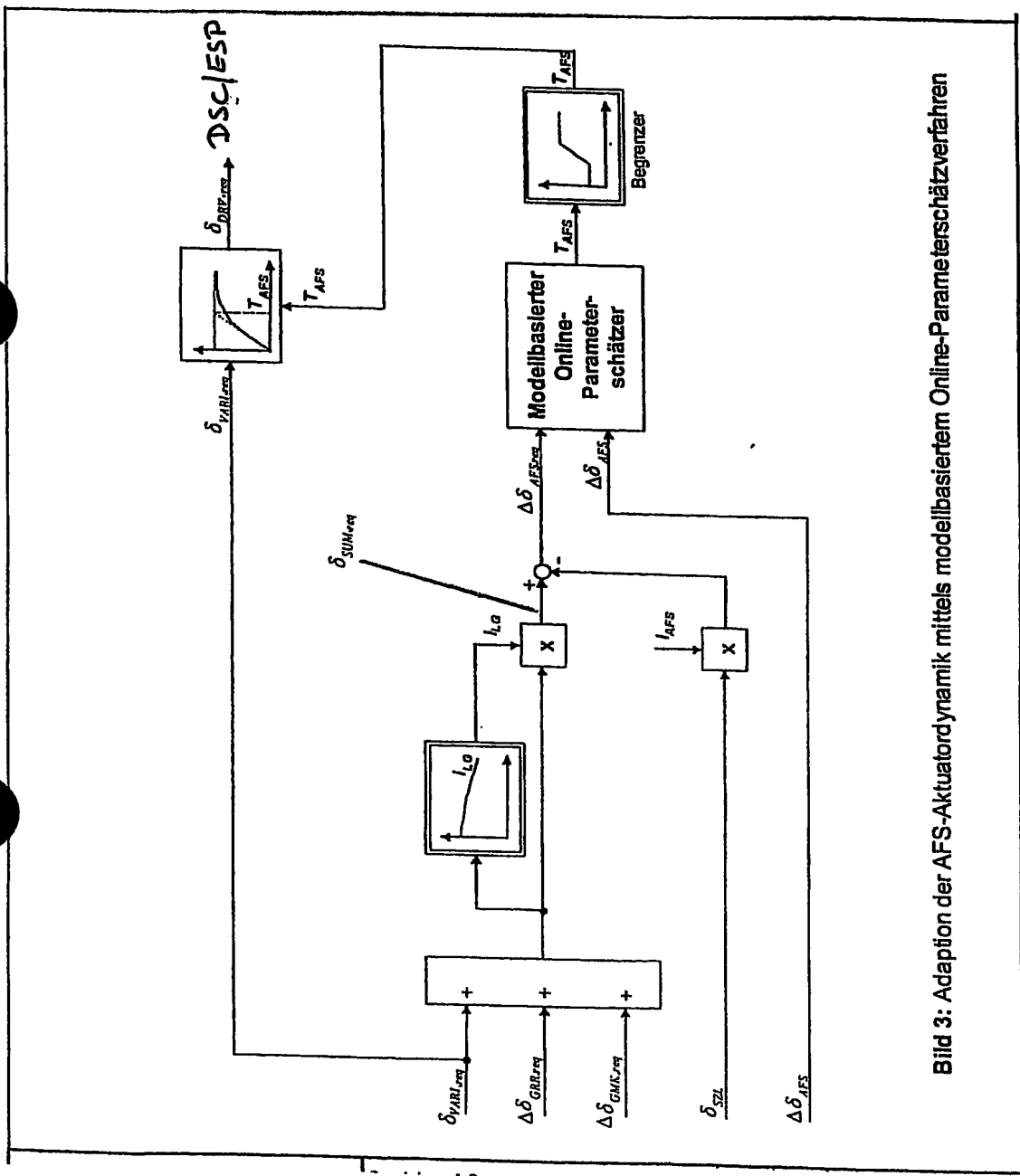


Bild 3: Adaption der AFS-Aktuatordynamik mittels modellbasiertem Online-Parameterschätzverfahren

